

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

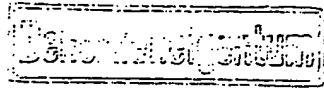
⑤

Int. Cl. 2:

F 01 C 3/06

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES  PATENTAMT



DE 26 39 760 A 1

⑪

# Offenlegungsschrift 26 39 760

⑫

Aktenzeichen:

P 26 39 760.4-13

⑬

Anmeldetag:

3. 9. 76

⑭

Offenlegungstag:

9. 3. 78

⑮

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑱

⑥

Bezeichnung:

Rotationskolbenmaschine

⑦

Anmelder:

Nehring, Andreas, 1000 Berlin

⑧

Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

26 39 760 A 1

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Rotationskolbenmaschine als Kraft- und Arbeitsmaschine für fließfähige Arbeitsmittel mit Kolben, deren Achsen einen Winkel  $\alpha$  von höchstens  $45^\circ$  einschließen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolben (1,2) unter Kämmeingriff stehen, daß der erste Kolben (1) eine dessen Drehachse umschlingende n-gängige Spiralrippe und der zweite Kolben eine dessen Drehachse umschlingende (n + 1)-gängige Spiralrippe (4) hat, wobei  $n \geq 1$  ist, daß die Spiralrippen (4; 6,7) jedes Kolbens zwischen zwei Grenzkegelflächen (A-M-C, D-M-E; D-M-C, A-M-B) liegen, deren Achsen mit der Drehachse (9, 10) des jeweiligen Kolbens zusammenfallen und wobei die Spitzen der Grenzkegelflächen im Achsschnittpunkt (M) liegen und die Mantelgeraden der beiden Grenzkegelflächen jedes Kolbens einen Winkel  $2\alpha$  einschließen, daß die Spiralrippen und die zwischen ihnen verbleibenden Spiralnuten beider Kolben ineinandergreifen, und zwar in der beiden Achsen gemeinsamen Ebene an der einen Seite vom Achsschnittpunkt maximal tief ineinandergreifen und daß sich an der gegenüberliegenden Seite die Spiralrippen beider Kolben unter Berührung kreuzen, derart, daß zwischen den Wandungen der Spiralrippen und Spiralnuten beider Kolben Arbeitskammern (20, 20') vorhanden sind, die gegeneinander durch ununterbrochene Berührungslinien, nämlich Spirallinien (6', 7') und kreisbogenförmige Linien (39, 39' usw.), die verschiedene Spirallinien des zweiten Kolbens miteinander verbinden, abgedichtet sind, daß das Verhältnis der Drehzahlen beider Kolben umgekehrt proportional dem Verhältnis ihrer Gangzahlen ist und daß im Betrieb jede Arbeitskammer zunächst

gegen eine beiden Kolben gemeinsame Zentralkammer (22) geöffnet ist, sich dann auswärts bewegt, wobei sie allseitig abgeschlossen ist und sich schließlich gegen den Außenraum öffnet oder umgekehrt bei entgegengesetzter Drehrichtung der Kolben.

2. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolben aus unterschiedlich hartem Material hergestellt sind, insbesondere der zweite Kolben (2) aus dem härteren Material, und daß der Kolben (1) aus dem weicheren Material in Richtung seiner Achse (10) hinterschneidungsfrei ausgebildet ist, längs seiner Drehachse verschiebbar angeordnet und an den anderen Kolben angedrückt ist.
3. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der eine Kolben (1) in einem äußeren Bauteil (56) verschiebbar geführt ist und mit diesem eine abgedichtete Kammer (52) bildet, die mit der Zentralkammer in Verbindung (50) steht. (Fig. 12)
4. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiralrippen (4;6,7) der Kolben (1,2) dort wo sie mit ihrer einen Grenzkegelfläche (D-M-C) zusammenfallen, Spiralkurven bilden und daß die Steigungswinkel der Spiralkurve ( $n$ ) des ersten Kolbens zu denen der Spiralkurven des zweiten Kolbens sich wie  $\frac{n}{n+1}$  verhalten.
5. Rotationskolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Kolben (1) einen einzigen Spiralgang (4) und der zweite Kolben (2) zwei Spiralgänge (6,7) hat und daß die

Spiralgänge des zweiten Kolbens eine geometrische Form haben, die dadurch entsteht, daß eine Kugelzweieckfläche (32) vom Zweieckwinkel  $180^\circ - 4\alpha$  mindestens einen Umlauf um ihre Kugelflächen-Symmetrieachse ausführt und sich dabei vom äußersten bis zum innersten Radius der Spirallippen ähnlich und konzentrisch zum Kugelflächenmittelpunkt (M) stetig verkleinert, wobei die Kugelflächen-Symmetrieachse die Drehachse (9) des zweiten Kolbens ist, daß der Spiralgang (4) des ersten Kolbens eine geometrische Form hat, die dadurch entsteht, daß eine Halbkugelfläche (40) mindestens zwei Umläufe ausführt und sich dabei vom äußersten bis zum innersten Radius der Spirallippe (4) ähnlich und konzentrisch und nach dem gleichen Gesetz verkleinert, daß die Symmetrieachse der Halbkugelfläche bei den Umläufen einen Kegelmantel beschreibt, dessen Kegelwinkel  $\alpha$  (= Zentriwinkel  $2\alpha$ ) beträgt und dessen Achse die Drehachse (10) des ersten Kolbens ist, und daß die Spitze des Kegelmantels im Kugelflächenmittelpunkt (M) liegt. (Fig. 2, 3, 7 und 8).

6. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrischen Formen der Spiralgänge des zweiten und des ersten Kolbens dadurch abgewandelt sind, daß die Kugelzweieckfläche (32') um einen sphärischen Randstreifen (60) durchgehend gleicher Breite vergrößert und die Halbkugelfläche (40) um einen Randstreifen der gleichen und ebenfalls durchgehend gleichen Breite verkleinert ist. (Fig. 14)
7. Rotationskolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentralkammer (22) mit dem Außenraum durch mindestens einen Kanal (21, 50) in Verbindung steht, der durch einen der Kolben (2, 1) hindurchführt.

2639760

8. Rotationskolbenmaschine als Kraft- und Arbeitsmaschine für fließfähige Arbeitsmittel, mit Kolben, deren Achsen Winkel von höchstens  $45^\circ$  einschließen, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotationskolbenmaschine drei Kolben (62, 61, 63; 72, 71, 73 usw.) hat, daß jeder äußere (62 usw.) in den mittleren (61 usw.) Kolben mit Hilfe von Spiralgewinden nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingreift und daß die Betriebsdrehzahlen von je zwei Kolben sich zueinander umgekehrt proportional wie die Gangzahlen ihrer ineinandergreifenden Spiralrippen verhalten. (Fig. 15 bis 17)
9. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Kolben an seinen beiden Seiten Spiralrippen gleicher Gangzahl hat.
10. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Kolben an seinen beiden Seiten Spiralrippen ungleicher Gangzahlen hat.
11. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Kolben eine gemeinsame Zentralkammer (22) haben und daß ihre Symmetrieachsen einander innerhalb der Zentralin ein- und demselben Punkt (M) schneiden.
12. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Symmetrieachse (10) des mittleren Kolbens sich mit den Symmetrieachsen (9; 74~~8~~4) der beiden äußeren Kolben in verschiedenen Punkten (M', M"; M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>) schneidet (Fig. 16 und 17).

13. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß beide Achsschnittpunkte ( $M_1$ ,  $M_2$ ) in einer gemeinsamen Zentralkammer (22) liegen (Fig. 17).
14. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß beide Achsschnittpunkte ( $M'$ ,  $M''$ ) in zwei getrennten Zentralkammern (22, 70) liegen (Fig. 16).
15. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 8 - 14, dadurch gekennzeichnet, daß in zumindest einem der äußeren Kolben ein Kanal (21, 76) vorgesehen ist, der die zugehörige Zentralkammer mit dem Außenraum verbindet (Fig. 15 und 16).
16. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 9 und 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß alle Spiralgänge gleichsinnig sind, d. h. von ein- und demselben Achsende her betrachtet, sich alle im Uhrzeigersinne vergrößern und daß innerhalb des mittleren Kolbens die Spiralkanten, die mit dem einen äußeren Kolben zusammenwirken, zum Teil innerhalb der Spiralrippen verlaufen, die mit dem anderen äußeren Kolben zusammenwirken (Fig. 16).
17. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Symmetrieachsen (10, 89, 84) des mittleren und der beiden äußeren Kolben miteinander gleiche Winkel einschließen, daß jeder der äußeren Kolben (82, 83) über ein zu seiner Symmetrieachse (89, 84) koaxiales Lager (88) in einem Bauteil (92, 94) gelagert ist, der seinerseits ein Lager (Wellen 80a, 80b) aufweist, das mit der Symmetrieachse (10) des mittleren Kolbens (81) fluchtet (Fig. 17).

18. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Kolben (81) coaxial zu seiner Symmetrieachse (10) in einem Lagerkranz (90) drehbar gelagert ist (Fig. 17).
19. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem mittleren Kolben und einem die Maschine aufnehmenden Rahmen eine Bremse vorgesehen ist.
20. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem mittleren Kolben (81) und den Bauteilen (92, 94), in denen die äußeren Kolben (82, 83) drehbar gelagert sind, je eine Rutschkupplung vorgesehen ist (Fig. 17).



7

Andreas Nehring

46-ne-10  
2. September 1976  
S/P

Rotationskolbenmaschine

Die Erfindung bezieht sich auf eine Rotationskolbenmaschine der im Oberbegriff von Anspruch 1 genannten Art. Eine derartige Rotationskolbenmaschine ist durch die DT-OS 1 551 156 bekanntgeworden. Bei dieser Maschine sind zwei ineinandergreifende Kolben vorgesehen, die Teile von Kugeln sind und in einem innen kugelförmigen Gehäuse untergebracht sind. Der eine, z.B. als Stator dienende Kolben hat zwei oder mehr Scheitel. Der andere, als Rotor dienende Kolben hat jeweils einen Scheitel mehr als der Stator. Die Arbeitskammern befinden sich jeweils zwischen Teilen der beiden Kolben und der Innenwand des Gehäuses. Diese Innenwand hat somit notwendige Begrenzungsflächen für die Arbeitskammern. Bei dieser bekannten Maschine kann das Strömungsmittel nur stoßweise gefördert werden. Wird die Maschine als Brennkraftmaschine verwendet, so kann nur eine stoßweise im Takt zu zündende Verbrennung erzielt werden.

Durch die vorliegende Erfindung soll eine kontinuierliche Förderung des Arbeitsmittels erzielt werden. Bei der Verwendung als Arbeitsmaschine ergibt sich dann eine weitgehend kontinuierliche Förderleistung. Bei der Verwendung als Brennkraftmaschine ergibt sich eine stetige Verbrennung,

809810/0298

die nicht abreißt und damit nicht taktweise neu gezündet zu werden braucht.

Die Maschine soll für das Arbeitsmittel nur einen geringen Strömungswiderstand haben und soll ein möglichst kleines Masse/Leistungs-Verhältnis haben. Bei der Verwendung als Kraftmaschine bedeutet dies eine hohe abgegebene mechanische Leistung je Masse der Maschine und bei der Verwendung als Arbeitsmaschine eine hohe Förderleistung, Verdichtungsleistung od. dgl. je Masse der Maschine.

Dies wird durch die Erfindung gemäß Anspruch 1 erreicht, auf dessen Wortlaut im folgenden Bezug genommen wird.

Jede der Arbeitskammern umschlingt beide Drehachsen und läuft auf den Achsschnittpunkt zu, wobei die einzelnen Arbeitskammern gegeneinander abgegrenzt sind. Fast immer ist mehr als eine Arbeitskammer gegen den Zentralraum und mehr als eine andere Arbeitskammer gegen den Außenraum geöffnet. Jede Arbeitskammer, die nicht gegen den Außenraum geöffnet ist, ist vollständig zwischen den beiden Kolben eingeschlossen. Es ist infolgedessen kein Teil des Gehäuses als Wand zur Kammerbildung erforderlich. Insbesondere liegen alle die Arbeitskammern gegeneinander abdichtenden Linien zwischen den Kolben. Dies hat einen thermischen Vorteil. Aus beiden Kolben strömt nämlich die in den Arbeitskammern entstehende Wärme etwa gleichmäßig nach außen ab. Damit ergeben sich gleichmäßige thermische Dehnungen beider Kolben. Es treten hierbei keine Abdichtungsschwierigkeiten auf, da die geometrischen Verhältnisse und damit die Bedingungen für die Abdichtung sich bei ähnlicher Größenänderung beider Kolben nicht ändern.

2639760

Bewegen sich die Arbeitskammern auswärts, so sind immer mindestens eine, meist zwei von ihnen gegen die Zentralkammer geöffnet. Das Arbeitsmittel kann also stetig in die Arbeitskammern einströmen. Ebenso sind gegen den Außenraum immer mindestens eine, meist zwei Arbeitskammer geöffnet. Das Arbeitsmittel kann also stetig abströmen. Damit ergeben sich eine kontinuierliche Strömung sowie geringe Strömungswiderstände und -verluste.

Das Arbeitsmittel verläßt die Maschine nicht stoßartig sondern stetig, so daß sich der Aufwand für Schalldämpfung erübrigt oder zumindest stark herabsetzen läßt. Für die Verwendung als Arbeitsmaschine ergibt sich aus der stetigen Strömung auch eine mehr laminare Strömung. Somit werden Strömungsverluste durch Wirbelbildung in den Arbeitskammern und beim Ein- und Austritt herabgesetzt.

Eine gute Raumausnutzung und damit eine geringe Masse der Maschine im Verhältnis zum Volumen der Verdrängerarbeitskammer ergibt sich dadurch, daß die Arbeitskammern sich von innen nach außen kubisch, also mit der dritten Potenz des Radius erweitern. Hierdurch und durch die kontinuierliche Strömung des Arbeitsmittels ergibt sich das erwünschte niedrige Masse/Leistungs-Verhältnis.

Generell erzielt man durch die konstante Verbrennung eine gleichmäßige Kolben- und Lagerbelastung und einen erschütterungsfreien Lauf. Während bei einer periodischen, explosionsartigen Verbrennung die Zeit zur Gemischaufbereitung für eine vollständige Verbrennung zu kurz ist, steht bei der Maschine nach der Erfindung eine ausreichende Zeit für eine Gemischaufbereitung zur Verfügung. Die Kammerwände der Maschine haben gleichbleibende Temperaturen, woraus sich gleichmäßige Temperaturen im Brennraum ergeben, was wiederum einer vollständigen Verbrennung förderlich ist.

Zu diesen Vorteilen, die bei der Verwendung der Maschine als

Brennkraftmaschine auftreten, kommt noch hinzu, daß das Problem des Klopfens entfällt. Die Brennstoffe brauchen also nicht durch kostspielige Zutaten kloppfrei gemacht zu werden. Das bekannte Cracken von Kohlenwasserstoffen an der Flammenfront tritt besonders bei stoßweiser, also explosionsartiger Verbrennung auf, dagegen weit weniger oder nicht bei stetiger Verbrennung. Infolgedessen können billigere Brennstoffe verwendet werden. Schließlich fallen bei der stetigen Verbrennung weniger Schadstoffe an, als bei periodischer, explosionsartiger Verbrennung.

Durch eine erfinderische Weiterbildung gemäß Anspruch 2 wird erreicht, daß sich die beiden Kolben im Betrieb einschleifen. Die normalerweise störende Abnutzung wird hier bewußt dafür ausgenutzt, daß der Kolben aus dem weicheren Material von dem aus dem härteren Material mehr und mehr in die für die Abdichtung bestgeeignete Form gebracht wird. Die Maschine wird also bei Abnutzung dichter, zumindest aber nicht undichter.

Durch eine Weiterbildung gemäß Anspruch 3 wird erreicht, daß die Kolben unter Ausnutzung des in der Zentralkammer herrschenden Druckes aneinandergedrückt werden.

Die Erfindung schließt Fälle ein, bei denen der erste Kolben mehr als einen Spiralgang hat und dementsprechend der zweite Kolben noch jeweils einen Spiralgang zusätzlich. Werden z.B. in einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 5 Kolben verwendet, bei denen der erste einen einzigen und der zweite zwei Spiralgänge haben, so haben die Spiralrippen des zweiten Kolbens je einen scharfen Grat und liegen in einer gemeinsamen Ebene. Die Grate stellen Teile der abdichtenden Linien dar. Bei der zugehörigen Ausbildungsform der Spiralrippe des ersten Kolbens ergibt sich ein angerundeter Rand, der auf einer Kegelfläche liegt. Dieser Rand selbst dient im allgemeinen nicht zur Abdichtung. Vielmehr berührt der Grat des zweiten Kolbens abdichtend die Wände der Spiralrippe des ersten Kolbens.

2639760

Für einige Anwendungsfälle ist es erwünscht, daß auch die Grate der Spiralrippen des zweiten Kolbens abgerundet sind. Dies läßt sich gemäß Anspruch 6 erreichen. Je breiter der dort erwähnte Randstreifen ist, desto größer ist der Krümmungsradius der Ränder der Spiralrippen des zweiten Kolbens. In diesem Falle behält der erste Kolben einen Spiralgang mit abgerundetem Rippenrand.

Gemäß einer Weiterbildung nach Anspruch 8 lassen sich drei Kolben miteinander in der Weise vereinigen, daß zwei Rotationskolbenmaschinen gebildet werden. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß der Einbau des dritten Kolbens in einen der anderen nicht die Abmessungen der Maschine vergrößert, aber ihre Masse und damit das Masse/Leistungs-Verhältnis verkleinert, z.B. dann, wenn alle Kolben Teile einer und derselben Kugel sind. Hat eine derartige Rotationskolbenmaschine für alle drei Kolben eine gemeinsame Zentralkammer, nach Anspruch 11 od. 13 so liegt eine vorteilhafte Anwendungsform darin, daß die eine Maschine als Kraftmaschine, nämlich als Verbrennungsmaschine und die andere als zugehörige Arbeitsmaschine, nämlich als Vorverdichter für die zur Verbrennung benötigte Luft oder auch für die zu verbrennenden Gase dient.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 14 sind zwei getrennte Zentralkammern vorhanden. Man erhält dadurch zwei voneinander völlig getrennte Kammersysteme. Man kann sie in beliebiger Weise verwenden, z.B. als zwei voneinander getrennte Arbeitsmaschinen oder zwei voneinander getrennte Kraftmaschinen. Vorteilhaft ist auch eine Verwendung derart, daß die eine Maschine als Kraftmaschine und die andere als von ihr angetriebener Verdichter arbeitet, der Preßluft für beliebige Zwecke erzeugt. Dies ist dann möglich, wenn die Spiralgänge des mittleren Kolbens nicht gleichsinnig sind oder die beiden äußeren Kolben sich gegensinnig drehen.

Eine Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 16 führt zu einer besonders kompakten Maschine, bei der also die Volumen der beiden Verdrängerarbeitskammern besonders groß sind, im Verhältnis zum Gesamtvolumen und der Gesamtmasse der Donnelmaschine

Gemäß einer Ausführungsform nach Anspruch 17 ergibt sich eine Rotationskolbenmaschine mit drei Kolben, bei denen infolge der gleichen Achswinkel die beiden äußeren Kolben miteinander fluchtende Lager haben, um die sie eine Taumelbewegung auf je einem Kegelmantel ausführen. Hierdurch läßt sich der Einbau der Maschine vereinfachen. Außerdem können die Drehzahlen der beiden äußeren Kolben gegenüber dem mittleren Kolben in beliebiger Weise variiert werden und damit den Betriebsbedingungen angepaßt werden. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn die Maschine als Kraftmaschine mit Vorverdichter arbeitet. Vorzugsweise werden hierzu gemäß Anspruch 19 und 20 eine Bremse für den mittleren Kolben und Rutschkupplungen verwendet, die zwischen dem mittleren Kolben und jedem der äußeren Kolben wirksam sind.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 zeigt perspektivisch den ersten Kolben.

Fig. 2 zeigt perspektivisch den zweiten Kolben.

Fig. 3 zeigt beide ineinandergreifende Kolben im Schnitt, und zwar in der beiden Dreachachsen gemeinsamen Ebene, zum Teil in Seitenansicht.

Fig. 4 ist ein Schnitt in der Ebene der Drehachse 1 des zweiten Kolbens, jedoch um  $90^\circ$  gegenüber der Schnittebene nach Fig. 3 verdreht. Die Kolben befinden sich in derselben Bewegungsphase wie in Fig. 3.

Fig. 5 zeigt die Form einer Arbeitskammer, angedeutet durch Schnittlinien in Axialebenen, die gegeneinander Winkelabstände von etwa  $30^\circ$  haben.

Fig. 6 ist eine Vergleichsdarstellung und zeigt im Schnitt eine zweigängige Gewindebuchse und in Seitenansicht

Fig. 7 und 8 sind Prinzipdarstellungen zur Erzeugung des Spiralgewindes des ersten Kolbens:

Fig. 9 ist eine Prinzipdarstellung zur Erläuterung der abdichtenden Halbkreisbögen.

Fig. 10 ist eine Prinzipdarstellung zur Erläuterung der vier abdichtenden Linien jeder Arbeitskammer.

Fig. 11 ist eine Prinzipdarstellung einer Spirale und ihrer Polarkoordinaten.

Fig. 12 zeigt im Axialschnitt, zum Teil in Seitenansicht, eine Rotationskolbenmaschine, bei der der erste Kolben axial verschiebbar in einer Druckkammer angeordnet ist.

Fig. 13 und 14 sind Prinzipdarstellungen zur Erzeugung einer zweigängigen Spiralverzahnung mit spitzem Grat bzw. abgerundeter Rippe.

Fig. 15 zeigt in Seitenansicht eine Rotationskolbenmaschine mit drei ineinandergreifenden Kolben mit einer allen Kolben gemeinsamen Zentralkammer.

Fig. 16 zeigt in Seitenansicht, zum Teil im Schnitt, eine Rotationskolbenmaschine mit drei ineinandergreifenden Kolben aber zwei getrennten "Zentralkammern".

Fig. 17 zeigt in entsprechender Darstellung eine weitere Ausführungsform einer derartigen Maschine.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 bis 3 greifen zwei Kolben ineinander, die als Ganzes mit 1 und 2 und in den Ansprüchen als erster bzw. zweiter Kolben bezeichnet sind. Der Kolben 1 hat eine eingängige Spiralrippe 4, der Kolben 2 hat zwei Spiralrippen 6 und 7, die nach Art einer zweigängigen Spirale angeordnet sind.

Die Spiralrippen 4, 6 und 7 stellen Spiralgewinde dar, und Figur 3 und 4 zeigen, wie die beiden Kolben 1 und 2 mit ihren Spiralgewinden ineinandergreifen, nämlich so, daß in der Schnittebene von Figur 3 links die Spiralrippen des einen Kolbens bis zur vollen Tiefe in die dazwischen verbleibenden Spiralnuten des anderen Kolbens eingreifen. Dagegen stoßen die Spiralrippen beider Kolben in Figur 3 rechts gerade gegeneinander. Zwischen diesen beiden Extremen schwankt die Eingriffstiefe an den Stellen oberhalb und unterhalb der Zeichenebene von Figur 3. Figur 4 zeigt das Ineinandergreifen der Spiralrippen beider Kolben in einer Ebene, die die Drehachse 9 des Kolbens 2 enthält, aber gegenüber der Zeichenebene in Figur 3 um  $90^\circ$  gedreht ist.

Die Gewindetiefe beider Gewinde beträgt  $2\alpha$ , wie man leicht aus Figur 3 erkennt.  $\alpha$  ist der Winkel zwischen den Drehachsen 9 und 10 beider Kolben. Die Spiralrippen beider Kolben liegen, allgemein ausgedrückt, zwischen gedachten Grenzkegelflächen, von denen eine zu einer Ebene D-C entartet ist. Diese Ebene begrenzt die Gewinderippen 6 und 7 des Kolbens 2 oben, ist also deren Kopfebene. Die Füße der Gewinderippen des Kolbens 2 beginnen in einer gedachten Grenzkegelfläche, die in Figur 3 durch das Dreieck A-M-B dargestellt ist. Die Grenzkegelflächen des Kolbens 2, d.h. die Ebene D-C und der Kegel A-M-B haben den Winkelabstand  $2\alpha$ . Ebenso haben die Grenzkegelflächen des Kolbens 1 einen



Winkelabstand  $2\alpha$ . In diesem Falle sind beide wirkliche Kegelflächen. In der Schnittdarstellung nach Figur 3 hat die eine Grenzkegelfläche, nämlich die Fußkegelfläche die Mantelgeraden D-M-E. Die Kopfkegelfläche hat die Mantelgeraden A-M-C.

Beide Kegelflächen haben wiederum einen gegenseitigen Winkelabstand  $2\alpha$ . Dies ist übrigens die Bedingung dafür, daß die Spiralrippen links in Figur 3 vollständig ineinandergreifen und sich rechts unter Berührung schneiden.

Die Art des Eingriffs zwischen den Gewinderippen der Kolben 1 und 2 sei anhand der Figur 6 veranschaulicht. Dort ist eine eingängige Schraube 11 dargestellt, die in einer zweigängigen Gewindehülse 12 steckt. Die Gewindehülse 12 hat zwei ineinander verschlungene Gewinderippen 16 und 17, und die Schraube hat eine einzige Gewinderippe 14. Die Durchmesser, Gewinderippenformen und Gewindesteigungen sind so aufeinander abgestimmt, daß die Schraube oben vollständig in die Gewindenuten der Gewindehülse eingreift, während sich unten die Gewinderippen von Schraube und Gewindehülse unter Berührung schneiden.

In sehr ähnlicher Weise greifen die Spiralrippen 4, 6 und 7 ineinander. Die Bezugszeichen in den Figuren 1 bis 4 einerseits und 6 andererseits entsprechen einander, die in Figur 6 sind lediglich um 10 höher.

Wie man in Figur 3 und 4 erkennt, werden zwischen den Gewinderippen beider Kolben Kammern 20, 20' usw. gebildet. Dies sind die Verdrängerarbeitskammern, im folgenden nur Arbeitskammern genannt. Ein Kanal 21 führt von außen her zu einer Zentralkammer 22. Die Arbeitskammern 20, 20' in Figur 3 und 4 entsprechen Kammern 30, 30' in Figur 6. Anhand der Figur 6 kann man sich vorstellen, daß die Kammern 30, 30' unten ihren größten Querschnitt

haben und nach oben hin immer enger werden, bis sie bei vollem Eingriff der Gewinderippen ein Ende finden. In ähnlicher Weise umgeben die Arbeitskammern 20, 20' die im Winkel zueinander stehenden Drehachsen 10 und 9. Die Arbeitskammern 20, 20' befinden sich in einem Raum, der durch zwei Kegelflächen begrenzt wird. Die eine Kegelfläche hat in Fig. 3 die Mantelgeraden A-M-B, die andere die Mantelgeraden D-M-E. Figur 4 zeigt die Arbeitskammern 20, 20' in einem Schnitt senkrecht zu dem in Figur 3, und Figur 5 veranschaulicht perspektivisch die Form einer einzigen Arbeitskammer anhand von Radialschnitten. Einer davon ist z.B. durch die Linien 23 und 24 angedeutet, ein anderer durch die Linien 23' und 24'. Dabei sind 23, 23' Linien des ersten Kolbens und 24, 24' Linien des zweiten Kolbens, wie ein Vergleich mit Fig. 4 zeigt. Man erkennt nun, daß die eine dargestellte Arbeitskammer gegenüber den ihr benachbarten Arbeitskammern abgegrenzt ist durch vier verschiedene Linien, nämlich einen Grat 6' der Spiralrippe 6 des zweiten Kolbens, durch den Grat 7' der Spiralrippe 7 des zweiten Kolbens und durch zwei Halbkreisbögen, die beide Spiralrippen miteinander verbinden. Diese Halbkreisbögen sind in Figur 5 gestrichelt eingezeichnet und werden später im einzelnen erläutert. Die Kurven 23 und 24 usw. zeigen den jeweiligen Querschnitt in den einzelnen Axialschnittebenen, die unter Winkelabständen von etwa je  $30^\circ$  angeordnet sind.

Es sind immer mehrere gegeneinander abgegrenzte Arbeitskammern 20, 20' usw. vorhanden, die beim Umlauf der Kolben, je nach deren Drehrichtung, entweder unter Vergrößerung auswärts oder unter Verkleinerung einwärts wandern.

Der Kolben 1 läuft mit der doppelten Drehzahl gegenüber dem Kolben 2 um, und die Drehachsen 9 und 10 beider Kolben verbleiben in der Zeichenebene von Figur 3. Bei Auswärtsbewegung der Arbeitskammern wird ein Arbeitsmittel von der Zentralkammer 22 her nach rechts in den Außenraum gefördert. Haben beide Kolben entgegenge-

so wird ein Arbeitsmittel vom Außenraum her in die Zentralkammer 22 gefördert.

2639760

Wesentlich ist nun, daß die Arbeitskammern 20 allseitig dicht abgeschlossen sind, daß also die Spiralrippen unter gegenseitiger Abdichtung ineinandergreifen. Bei der in Figur 6 dargestellten Schraube ist keine Abdichtung vorhanden. Ein Arbeitsmittel könnte ohne weiteres von einer zur anderen Kammer gelangen, nämlich in den Zwischenbereichen vor und hinter der Zeichenebene.

Bei der Rotationskolbenmaschine wird die Abdichtung durch einen Kunstgriff erreicht, nämlich durch eine spezielle Formgebung der Gewinderippen, derart, daß jede Arbeitskammer durch vier linienförmige Abdichtungen zwischen beiden Kolben eingeschlossen wird. Als Abdichtungslinien dienen einerseits die Grate 6' und 7' der Gewinderippen des Kolbens 2, andererseits Momentan-Halbkreisbögen, d.h. Halbkreisbögen, die während des Umlaufs der Kolben als Berührungslinien entstehen, sich je nach Umlaufrichtung konzentrisch vergrößern oder verkleinern und schließlich verschwinden. Um diese Art der Abdichtung zu erreichen, müssen die Gewinderippen der Kolben 1 und 2 so geformt werden, daß ihre Flanken als Erzeugende Halbkreisbögen enthalten.

Räumlich-geometrisch betrachtet kann man sich einen Körper durch die Verschiebung einer Fläche erzeugt denken. Verschiebt man beispielsweise eine Kreisscheibe parallel zu sich selbst in ihrer Achsrichtung, so ergibt sich ein Zylinder. Verkleinert man die Kreisscheibe dabei, so ergibt sich ein sich verjüngender Rotationskörper. Verkleinert man die Kreisscheibe linear mit ihrer Verschiebungsgeschwindigkeit, so ergibt sich ein Kegel.

Zur Erzeugung der beiden Gewinderippen des Kolbens 2 (vgl. Fig. 2) geht man von einer Kugelzweieckfläche 32 aus (Fig. 2 und 13). Dies ist eine Fläche, die aus einer Kugeloberfläche vom Radius  $r$  durch zwei Großhalbkreise herausgeschnitten wird, und zwar so, daß die Ebenen der Großhalbkreise einen Winkel einschließen, der  $180^\circ - 4\alpha$  beträgt, wie es Fig. 3 zeigt. Die Ebenen der beiden Großhalbkreise schneiden sich in einer Geraden, die senkrecht zur Zeichenebene von Figur 3 durch den Mittelpunkt  $M$  verläuft. Die Drehachse 9 steht in  $M$  senkrecht zu dieser Geraden und jeweils im Winkel  $\frac{180^\circ - 4\alpha}{2}$  zu den beiden berandenden Großhalbkreisen. In Figur 2 erkennt man vorn links die eine Spitze 37 und hinten rechts die andere Spitze 36 der Kugelzweieckfläche. Beide sind verbunden durch einen in Fig. 2 vorn erkennbaren Halbkreis 39 sowie durch einen hinteren Halbkreis 39, von dem in Fig. 2 nur ein kurzes Stück erkennbar ist. Durch die Spitze 37 soll der Grat 7 der Gewinderippe 7 erzeugt werden und durch die Spitze 36 der Grat 6' der Gewinderippe 6. Zu diesem Zweck muß die Kugelzweieckfläche 32 um die Drehachse 9 umlaufen und sich dabei konzentrisch zum Mittelpunkt  $M$  verkleinern.

Die Verkleinerungsgeschwindigkeit steht dabei in einer bestimmten, z.B. linearen Beziehung zur Drehzahl. Während des Umlaufs verkleinern sich mit der Kugelzweieckfläche 32 natürlich auch die sie berandenden Halbkreise 39. Wie man in Fig. 2 und 5 erkennt, verläuft der vordere Halbkreis 39 vom Grat 7' der Spiralrippe her entlang der einen Flanke der Spiralrippe 7 nach unten bis zum Spiralnutboden. Dann verläuft der Halbkreis an der benachbarten Spiralrippe 6 aufwärts bis zu ihrem Grat 6'. Er verbindet also die beiden Rippen 7 und 6 der zweigängigen Spirale. Das gleiche gilt für den in Fig. 2 z.T. erkennbaren hinteren Halbkreis 39. Wie erwähnt, verkleinert sich die Kugelzweieckfläche während ihres Umlaufs. Die sie berandenden Halbkreise 39a, 39b usw. sind jeweils Teile von Großkreisen, wenn diese auch einen geringeren Radius haben als zu Anfang. Man erkennt also, daß die Flanken der Gewinderippen überall Halbkreisbögen enthalten.

Diese können nun bei passender Herstellung der Gewinderippe des Kolbens 1 als Abdichtungslinien ausgenutzt werden.

Damit die Gewinderippen beider Kolben gegeneinander längs der erwähnten Halbkreise Dichtlinien haben können, muß die Gewinderippe des Kolbens 1 nach Fig. 1 in einer ähnlichen Weise aufgebaut sein. Auch diese Gewinderippe muß überall Halbkreisbögen enthalten. Man kann zur Erzeugung aber nicht eine Kugelzweieckfläche verwenden, da ja nur ein einziger Gewindegang nötig ist. Man müßte also gewissermaßen eine Kugeleineckfläche heranziehen. Als solche dient eine Halbkugelfläche 40, die in Fig. 7 in ausgezogenen Linien in Seitenansicht und in Fig. 1 und 8 perspektivisch dargestellt ist.

Die Halbkugelfläche ist begrenzt durch einen Großkreisbogen 42, der in einer Äquatorebene liegt. Die Halbkugelfläche hat eine Symmetrieachse F-M. Die Halbkugelfläche 40 soll nun als Erzeugende für den Kolben 1 mit seiner Spiralrippe 4 dienen. Dazu denkt man sich, daß sie um die Achse 10 umläuft, die in der Zeichenebene von Figur 7 liegt und mit der Symmetrieachse F-M den Winkel  $\alpha$  einschließt. Geschieht dies, dann pendelt der Großkreis 42 zwischen einer in Fig. 7 ausgezogen dargestellten Lage (42) und einer gestrichelt dargestellten Lage (42a). Der Winkelabstand beider Lagen ist  $2\alpha$ , also die erwünschte Gewinderippenhöhe. Eine Zwischenlage des Großkreises ist strichpunktiert als 42b eingezeichnet.

Während des Umlaufs verkleinern sich die Halbkugelflächen und damit der Großkreis 42, solange, bis der Durchmesser der Zentralkammer 22 erreicht ist. Die Verkleinerung erfolgt mit der gleichen Geschwindigkeit, und nach dem gleichen Gesetz, wie die bei der Herstellung des Kolbens 2, jedoch bei doppelter Drehzahl. Die Halbkugelfläche 40 läuft also mit doppelter Drehzahl um wie die Kugelzweieckfläche 32. Diese Drehzahlver-

doppelung ergibt sich daraus, daß die eingängige Spiralrippe 4 doppelt soviel Umläufe zu ihrer Erzeugung erfordert wie die zweigängigen Spiralrippen 6 und 7 des Kolbens 2.

Für die Erzeugung der Spiralrippe 4 ist nur die eine Hälfte des Großkreises 42 erforderlich, nämlich das Bogenstück G-A-H in Fig. 1 und 8. Es ist mit 42e bezeichnet. Während des Umlaufs verkleinert sich der Halbkreis 42e und durchläuft unter anderem Lage und Größe der Halbkreisbögen 42e', 42e'' usw. (Fig. 9 und 10).

Die einzelnen Punkte des Großkreises 42 haben gegenüber der Drehachse 10 (Fig. 7) bei M Mittelpunktswinkel, die zwischen einem Größtwert von  $90^\circ + \alpha$  (Punkt A) und einem Kleinstwert von  $90^\circ - \alpha$  (Punkt E) schwanken. Bei der Erzeugung des Kolbens 1, also während sich die Halbkugelfläche 40 und der Großkreis 42 beim Umlauf verkleinern, bilden die Punkte, die A und damit dem größten Mittelpunktswinkel zur Drehachse entsprechen, den spiralförmigen Rand 4', der auf der Grenzkegelfläche A-M-C in Fig. 3 liegt. Die Punkte A, A' usw. (Fig. 8) bilden Halbierungspunkte der Halbkreise 42e, 42e' usw. Die jeweils gegenüberliegenden Punkte E, E' usw., die dem kleinsten Winkel zur Drehachse entsprechen, bilden bei der Erzeugung die Nutböden, liegen also auf der Grenzkegelfläche D-M-E in Fig. 3.

Somit sind nun die Kolben 1 und 2 in der Weise aufgebaut, daß ihre Gewinderippen Halbkreisbögen enthalten. Bei der Herstellung der beiden Kolben wurde darauf geachtet, daß das Maß der Verkleinerung gleich blieb, während die Drehzahl bei der Herstellung des Kolbens 1 die doppelte ist wie bei der Herstellung des Kolbens 2. Werden nun die Kolben 1 und 2 mit ihren Gewinderippen so ineinander gesteckt, daß ihre Drehachsen den Winkel  $\alpha$  einschließen (Figur 3), so müssen sich die Gewinderippen beider Kolben unter anderem in

Halbkreisbögen berühren. Z.B. findet der Halbkreisbogen 42e' der Fig. 8 immer einen passenden Halbkreisbogen, der eine Verkleinerung eines der Halbkreise 39 nach Fig. 2 darstellt. In diesen Halbkreisbögen liegen die Rippen abdichtend aneinander.

Die Fig. 5 und 10 lassen erkennen, daß jede Arbeitskammer, die weder gegen die Zentralkammer 22 noch gegen den Außenraum geöffnet ist, also vollständig zwischen den beiden Kolben liegt, durch vier Linien abgedichtet ist, von denen zwei ein Stück der Spirallinien 6' und 7' sind und die beiden anderen Halbkreisbögen, z.B. die Halbkreisbögen 39 und 39' in Fig. 5. Diese Bögen verbinden die Spirallinie 6' mit der Spirallinie 7'. Alle vier Linien trennen benachbarte Arbeitskammern voneinander. Die Spirallinien liegen in der in Fig. 2 und 5 deutlich erkennbaren Ebene. In Fig. 3 steht diese Ebene senkrecht zur Zeichenebene und verläuft von D nach C. In Fig. 9 ist diese Ebene durch eine strichpunktierte Ellipse 46 angedeutet.

Um erkennbar zu machen, wie die einzelnen Arbeitskammern begrenzt sind, wurde die in Fig. 9 schraffierte Ebene nach oben geklappt, in die durch die Ellipse 46 angedeutete Ebene. Von oben gesehen ergibt dies die Darstellung nach Fig. 10. Im Gegensatz zu Fig. 9 macht jedoch jede der beiden Spirallinien 6' und 7' zwei volle Umläufe statt nur eines Umlaufes. Man erkennt auch in Fig. 10 die Gerade 44, um die das in Fig. 9 linke Ebenenstück nach oben geklappt wurde. In der linken Hälfte befinden sich die Halbkreisbögen 39, 39' usw., die gestrichelt dargestellt sind. Durch beide Hälften der Fig. ziehen sich die Grate 6' und 7' der Gewinderippen des Kolbens 2. Eine Arbeitskammer wurde schraffiert. In der rechten Hälfte der Zeichnung verläuft sie allein zwischen den Graten 6' und 7'.

2639760

In der linken Hälfte der Zeichnung wird die Kammer an jedem ihrer beiden Enden einerseits durch einen der Grate 6' oder 7', andererseits durch einen der Halbkreisbögen 39', 39''' usw. abgedichtet. Oberhalb und unterhalb der Zeichenebene ragt die Kammer in die Gewindenuten der beiden Kolben hinein. Laufen die Kolben in Richtung des Pfeils 48 in Fig. 10 um, so wandern die gestrichelten Halbkreisbögen einwärts und die Kammer verkleinert sich. Das Umgekehrte gilt für die andere Umlaufrichtung.

Die Halbkreisbögen 39, 39' usw. des Kolbens 2 liegen in ihrer gemeinsamen Ebene abdichtend an den Halbkreisbögen 42e, 42e' usw. des Kolbens 1 an. Die gemeinsame Ebene ist in Fig. 3 durch die Gerade M-A dargestellt. Sie hat von der Drehachse 9 einen Winkelabstand von  $\frac{180^\circ - 4\alpha}{2}$  und zugleich von der Drehachse 10 einen Winkelabstand von  $90^\circ + \alpha$ .

Diese Halbkreisbögen stellen Momentanlinien dar. Während des Umlaufs der beiden Kolben wandern die Halbkreisbögen je nach der Drehrichtung einwärts oder auswärts und verkleinern bzw. vergrößern sich dabei.

In Fig. 9 muß man sich unterhalb der Ebene 46 den Kolben 2 vorstellen, dessen Grate 6' und 7' seiner Gewinderippen in dieser Ebene liegen. Der Kolben 1 greift von oben her schräg ein, und zwar so, daß der Rand 4' seines Gewindeganges die Ebene des Kreises 46 an verschiedenen Punkten der Geraden M-C berührt. Die Ränder 4' verlaufen von der Geraden M-C aus nach vorn und nach hinten abwärts. Infolge dieser Anordnung dichten die Grate 6' und 7' der Gewinderippen des Kolbens 2 jeweils sowohl an der einen wie auch an der anderen Flanke der Stücke der Gewinderippen 4 ab und kreuzen den Rand 4' dieser Rippe beim Durchlaufen der Geraden M-C. Eine genaue Abdichtung kommt zustande, weil die Spiralgänge beider Kolben nach dem gleichen Erzeugungsgesetz entstanden sind.



Der prinzipielle Aufbau der Maschine läßt dem Konstrukteur viele Möglichkeiten offen, die Maschine einem bestimmten Arbeitsmittel anzupassen. So können variiert werden: Der Außendurchmesser beider Kolben, der Durchmesser der Zentralkammer im Verhältnis zum Außendurchmesser, die Anzahl der Windungen und die Steigung der Spiralrippen. Auch die Art der Spiralform läßt sich variieren. Wie Fig. 11 zeigt, läßt sich die Spiralform unter Verwendung von Polarkoordinaten durch den Winkel  $\varphi$  und den Radius  $r$  beschreiben. Im einfachsten Falle besteht zwischen  $\varphi$  und  $r$  eine lineare Beziehung. Die Beziehung kann aber auch anderer Art sein. Erforderlich ist lediglich daß  $r$  stetig mit  $\varphi$  wächst. Schließlich lassen sich Kolben anderer Gangzahlen verwenden. Zum Beispiel kann der eine zwei Gänge haben und der andere drei Gänge. Die Gesetzmäßigkeit der Erzeugung eines dreigängigen Kolbens wird weiter unten kurz beschrieben. Schließlich läßt sich die Größe des Winkels  $\alpha$ , also des Winkels zwischen den Drehachsen der beiden Kolben ändern.  $\alpha$  muß um einiges größer sein als  $0^\circ$ . Bei  $0^\circ$  können die Kolben nicht in der in Fig. 3 dargestellten Weise ineinandergreifen. Der Winkel  $\alpha$  darf höchstens  $45^\circ$  betragen.

Im Betrieb als Arbeitsmaschine oder als Kraftmaschine entwickelt sich in der Zentralkammer und den nach außen abgeschlossenen Arbeitskammern ein erheblicher Druck, der bestrebt ist, die beiden Kolben auseinanderzudrücken. Dies muß selbstverständlich verhindert werden. Fig. 12 zeigt in einer Prinzipdarstellung, wie dies unter Ausnutzung des in der Zentralkammer vorhandenen Druckes geschehen kann. Man muß sich hierbei vergegenwärtigen, daß die Zentralkammer gegen mindestens eine, meist zwei Arbeitskammern geöffnet ist. Der in diesem Gesamtbereich herrschende Druck wird nun zum Gegeneinanderdrücken der Kolben 1 und 2 ausgenutzt. Zu diesem Zweck ist der Kolben 1 mit einem Durch-

trittskanal 50 versehen, der eine Verbindung von der in Fig. 12 kaum erkennbaren Zentralkammer zu einer konischen Kammer 52 innerhalb des Kolbens 1 darstellt. Der Kolben 1 hat einen Außenflansch 54, mit dem er in eine Wanne 56 eingreift, die einen kreisförmigen Querschnitt haben kann. Zwischen dem Flansch 54 und dem Boden der Wanne 56 ist eine Druckfeder 58 angeordnet, die hier als ein am Umfang der Wanne liegender gewellter Federdraht dargestellt ist. Die Wanne hat einen Durchtrittskanal 57 für das Arbeitsmittel.

Der Kolben 2 ist in nicht näher dargestellter Weise um die Achse 9 drehbar und axial unverschieblich gelagert. Die Wanne 56 ist ebenfalls in nicht näher dargestellter Weise um die Achse 10 drehbar und ebenfalls axial unverschieblich gelagert. Der Kolben 1 läuft gemeinsam mit der Wanne 56 um. Seine Flansche 54 sind gegen die Ränder der Wanne 56 abgedichtet. Der Kolben 1 ist jedoch um den Federweg der Druckfeder 58 innerhalb der Wanne 56 axial verschieblich. Im Ruhezustand und zum Teil auch beim Anlaufen und im Leerlauf der Maschine sorgt die Druckfeder 58 für ein Andrücken des Kolbens 1 an den Kolben 2. Im Betrieb, sobald sich ein Druck innerhalb der konischen Kammer 52 aufgebaut hat, wird der Kolben 1 unter dem Einfluß dieses Druckes gegenüber dem Boden der Wanne 56 gegen den Kolben 2 gedrückt. Maßgebend für die auf den Kolben 1 hierdurch einwirkende Kraft ist die Größe der dem Wannenboden gegenüberliegenden Fläche des Kolbens 1. Diese ist immer größer als die wirksame Fläche der Arbeitskammern quer zur Drehachse 10. Infolgedessen reicht der in der Kammer 52 herrschende Druck in allen eigentlichen Arbeitsphasen aus um beide Kolben aneinander zu drücken.

Eine Folge des Aufbaus der Kolben ist es, daß sie sich im Betrieb von selbst in eine genaue Paßform einschleifen, in der sie optimal abdichten. Die Konstruktion der Maschine muß dies jedoch ermöglichen. Bei der Konstruktion nach Fig. 12

ist der Kolben 1 in Richtung seiner Drehachse beweglich gelagert. Daher wird durch eine geringfügige Einwärtsbewegung des Kolbens 1 jeweils der Abrieb wettgemacht.

Wie oben beschrieben wurde, hat der Kolben 2 scharfe Grate 6' und 7'. Scharfe Grate können unerwünscht sein, besonders dann, wenn die Kolben hohen Innentemperaturen ausgesetzt sind. Fig. 13 zeigt noch einmal, wie der Kolben 2 durch Rotation einer Kugelzweieckfläche 32 um die Achse 9 bei gleichzeitiger Verkleinerung entstanden ist. Fig. 14 zeigt nun, wie man einen Kolben 2 herstellen kann, der statt scharfer Grate einen abgerundeten Rand hat. Man versieht die Kugelzweieckfläche zu diesem Zweck außerhalb ihrer Halbkreisbögen 39 mit gleich breiten Randstreifen 60. Im Bereich der Eckpunkte 36 und 37 des Kugelzweiecks sind die Außenränder der Randstreifen 60 durch je eine etwa kreisbogenförmige Linie 62 miteinander verbunden. Beim Umlauf und gleichzeitiger Verkleinerung erzeugen die Linien 62 statt der scharfen Grate zwei wulstartige Ränder.

Da der Kolben 2 nun mehr Raum einnimmt als der Kolben nach Fig. 2, muß der Kolben 1 entsprechend verkleinert werden. Auch in diesem Falle liegen die Gewinderippen beider Kolben wieder innerhalb von Grenzkegelflächen, ähnlich wie nach Fig. 3.

Beim Betrieb der bisher beschriebenen Maschine hat der Kolben 1 mit der eingängigen Spiralrippe die doppelte Drehzahl wie der Kolben 2 mit der zweigängigen Spiralrippe. Das Drehzahlverhältnis ist also umgekehrt proportional zum Gangzahlverhältnis. Zweckmäßigerweise wird dieses Drehzahlverhältnis durch eine äußere Zahnradverbindung zwischen den beiden Drehachsen erzwungen. Würde nämlich der eine Kolben stets nur von dem anderen mitgenommen, was theoretisch möglich ist, so ergäbe sich eine unerwünschte Art der Abnutzung, nämlich immer nur an den beim Antrieb gegeneinander drückenden Flächen beider Kolben, nicht aber an

den entlasteten Flächen; die Maschine würde dann ~~2639760~~  
dichter sondern undichter werden.

Die obengenannte Regel, wonach das Drehzahlverhältnis beider Kolben umgekehrt proportional den Gangzahlen ihrer Gewindrippen ist, gilt allgemein auch für Kolben mit höheren Gangzahlen. Erforderlich ist jedoch, daß die Gangzahl des einen Kolbens immer um eins höher ist als die des anderen. Es sind also Maschinen mit Gangzahlverhältnissen  $2 : 3$ ,  $3 : 4$  usw. möglich. Es sei kurz ein allgemeines, allerdings sehr theoretisch gehaltenes Herstellungsprinzip angegeben. Es werden zwei Körper I und II verwendet. Der Körper I entspricht dem Kolben 1 und der Körper II dem Kolben 2. Der Körper I läuft um eine Achse 10 um, der Körper II um eine Achse 9. Beide schließen wiederum einen Winkel  $\alpha$  miteinander ein. Der Körper II läuft mit der Drehzahl  $n$ , der Körper I mit der Drehzahl  $n + 1$  um, wobei  $n$  mindestens gleich eins ist. Der Körper II besteht im einfachsten Falle aus dem einen Gang einer zweigängigen Spirale, oder er besteht aus dem einen Gang einer drei- oder mehrgängigen Spirale. Zur Versteifung kann die Spirale auch aus einem Stück Blech hergestellt werden, dessen Fläche die Achse 9 umschlingt, also überall zu ihr parallel ist. Im Sinne der Fig. 11 wächst der Radius  $r$  des Spiralganges stetig mit dem Winkel  $\varphi$ .

Den Körper I denke man sich zunächst als eine Art Topf, der ausgefüllt ist mit einer unelastischen, aber leicht entfernbar, weichen Masse. Beide Körper werden nun im richtigen Drehzahlverhältnis um ihre Achsen gedreht. Soll z. B. der Körper I zweigängig und der Körper II dreigängig gemacht werden, so verhalten sich ihre Drehzahlen wie  $3 : 2$ . Während dieser Drehbewegung schneidet oder schabt der Spiralgang aus der Masse des Körpers I die Spiralnuten heraus. Was vom Körper I übrigbleibt, ist ein Kolben mit einer um eins geringeren Gangzahl als Körper II. Dieser entspricht dem Kolben I in den Fig. 1 und 3 und

sei hier mit I' bezeichnet.

2639760

Anschließend wird nun umgekehrt wiederum aus einem Topf, der mit der oben beschriebenen weichen Masse gefüllt ist, unter Anwendung des richtigen Drehzahlverhältnisses vom Kolben I' der Kolben mit der um 1 höheren Gangzahl erzeugt, der dem Kolben 2 nach Fig. 2 und 3 entspricht.

Fig. 15 zeigt eine Rotationskolbenmaschine mit drei Kolben. Der Kolben 62 entspricht dem in Fig. 2 und 3 dargestellten Kolben 2. Er greift mit der schon beschriebenen Spiralverzahnung in einen Kolben 61 ein, dessen unterer Teil dem Kolben 1 nach Fig. 1 und 3 entspricht. Oben ist jedoch in den Kolben 61 ein Kolben 63 eingesetzt. Er greift in diesen mit einer der beschriebenen Spiralverzahnungen ein. Der Kolben 62 hat die Drehachse 9 und der Kolben 61 die Drehachse 10. Beide schließen in der Zeichenebene einen Winkel  $\alpha$  ein. Der Kolben 63 hat eine Drehachse 64, die mit der Drehachse 10 einen Winkel  $\beta$  einschließt, der in Fig. 15 aber nicht erkennbar ist, da die Drehachse 64 noch vorn aus der Zeichenebene herausgekippt ist. Die Achsen 64 und 10 liegen in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zur Zeichenebene.

Alle drei Kolben haben eine gemeinsame Zentralkammer 22.

Der Kolben 62 hat eine zweigängige Spiralverzahnung, der Kolben 61 unten eine eingängige und oben eine zweigängige Spiralverzahnung, und der Kolben 63 hat eine eingängige Spiralverzahnung. Dementsprechend verhalten sich die Drehzahlen der drei Kolben von unter nach oben wie 1 : 2 : 4.

Die Zentralkammer 22 steht mit dem Außenraum durch den Kanal 21 in Verbindung.

Die Maschine nach Fig. 15 kann als Brennkraftmaschine mit Vorverdichter betrieben werden. Der Kolben 63 wird angetrieben und fördert vom Außenraum her Luft durch seine Arbeitskammern in die Zentralkammer. Dort wird durch den Kanal 21 Brennstoff zugeführt und durch nicht dargestellte Mittel gezündet. Der Brennstoff dehnt sich bei der Verbrennung aus und treibt die aus dem Kolben 62 und dem unteren Teil des Kolbens 61 bestehende Maschine in dem Sinne an, daß sich die Brennkammern erweitern und auswärts bewegen. Die von dieser Teilmaschine abgegebene Arbeit wird zum Teil zum Antrieb des Vorverdichters verwendet, was durch Zahnradgetriebe geschieht, die ohnehin erforderlich sind um die drei Kolben miteinander zu verbinden und die exakten Drehzahlverhältnisse zu erzwingen. Alle drei Kolben drehen sich im gleichen Sinne, also beispielsweise, von oben her gesehen, alle im Uhrzeigersinne.

Zweckmäßigerweise werden Lager nicht nur für die Kolben 62 und 63 sondern auch für den Kolben 61 vorgesehen. Sie wurden nicht dargestellt, da es sich hier um bekannte Maßnahmen handelt.

Rotationskolbenmaschinen mit drei Kolben lassen sich in verschiedener Weise variieren. Z.B. kann der mittlere Kolben beiderseits je eine zweigängige Spiralverzahnung haben. Dementsprechend können die Kolben 1 und 3 dann je eine eingängige Verzahnung haben. Die Drehzahlverhältnisse sind dann, von unten nach oben, 2 : 1 : 2.

Haben die Spiralverzahnungen des Kolbens 61 gleiche Gangzahlen und sind sie, von oben her betrachtet, gleichsinnig, so können sie derart aufgebaut sein, daß die oberen Spiralnuten etwas in die unteren Spiralrippen des Kolbens 61 eingreifen. Man erhält dadurch relativ große Arbeitskammern und ein besonders niedriges Masse/Leistungs-Verhältnis.

Rotationskolbenmaschinen mit drei Kolben können auch mit Spiralverzahnungen anderer Gangzahlverhältnisse versehen werden.

Statt als Kraftmaschine mit Vorverdichter lassen sich Rotationskolbenmaschinen mit drei Kolben auch als zwei von der gemeinsamen Zentralkammer her gespeiste Kraftmaschinen oder als zwei auf die gemeinsame Zentralkammer wirkende Arbeitsmaschinen verwenden.

Bei den bisher beschriebenen Rotationskolbenmaschinen mit drei Kolben kreuzen sich die drei Drehachsen der Kolben in dem gemeinsamen Mittelpunkt M. Sie haben dementsprechend auch eine gemeinsame Zentralkammer. Bei der Maschine nach Fig. 16 sind dagegen zwei getrennte "Zentralkammern" 22 und 70 vorhanden und zwei verschiedene Achsschnittpunkte M' bzw. M''. Die Anordnung des unteren Kolbens 72 und des mittleren Kolbens 71 entspricht der nach Fig. 3 oder 15. Ihre Achsen 9 bzw. 10 schneiden sich innerhalb der Zentralkammer 22 bei M'. Der obere Kolben 73 hat eine Drehachse 74, die die Drehachse 10 innerhalb der Zentralkammer 70 im Punkt M'' schneidet. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 16 hat der mittlere Kolben 71 auf beiden Seiten je eine eingängige Spiralverzahnung. Die Kolben 72 und 73 haben je eine zweigängige Spiralverzahnung, also haben alle drei Kolben ein Drehzahlverhältnis von 1 : 2 : 1.

Die Zentralkammer 22 steht durch einen Kanal 21 und die Zentralkammer 70 durch einen Kanal 76 mit dem Außenraum in Verbindung. Die Arbeitsmittelsysteme beider Maschinen sind demnach vollständig voneinander getrennt. Dies gibt die Möglichkeit, die eine Maschine als Kraftmaschine und die andere als von ihr angetriebene Arbeitsmaschine wirken zu lassen, so daß man z. B. eine motorisch angetriebene Flüssigkeitspumpe erhält.

Figur 17 zeigt eine weitere Rotationskolbenmaschine mit drei Kolben, die insbesondere als Verbrennungsmotor mit Vorverdichter zu verwenden ist. Sie arbeitet nach dem Kreiskolbenprinzip nach der Wankelschen Einteilung.

Man denke sich zunächst den mittleren Kolben 81 als im Raum feststehend. Kolben 81 hat eine Symmetrieachse 10. Die ganze Maschine wird mit Wellen 80a und 80b, die koaxial zur Symmetrieachse 10 verlaufen, und mit einem Ring 85 von

Kolben 81 in einem Rahmen gehalten.

Der untere Kolben 82 ist um seine Symmetrieachse 89 mit einem Lager 88 im Kolben 81 drehbar gelagert. Die Symmetrieachse 89 schneidet die Symmetrieachse 10 in einem Punkt  $M_1$ . Beim Umlauf des Kolbens 82 um die Welle 80a führt seine Symmetrieachse 89 einen Umlauf auf einem Kegelmantel um die Achse 10 aus. Dieser Kegelmantel hat seinen Mittelpunkt in  $M_1$  und einen Zentriwinkel  $2\alpha$ . Der Kolben 82 dreht sich um seine eigene Symmetrieachse 89 mit der Drehzahl  $n$ . Die Symmetrieachse 89 läuft aber um die Achse 10 auf dem Kegelmantel mit der Drehzahl  $n + 1$  um. Der Drehsinn ist so gewählt, daß die Arbeitskammern, die zwischen den Kolben 81 und 82 laufend gebildet werden, von außen nach innen wandern, also ihr Volumen verkleinern.

Nach dem gleichen Prinzip wirkt der Kolben 83 mit dem Kolben 81 zusammen. Kolben 83 ist durch ein nicht dargestelltes Lager, ähnlich dem Lager 88, im Kolben 81 gelagert. Er hat eine Symmetrieachse 84, die auf einem Kegelmantel vom Zentriwinkel  $2\alpha$  um die Achse 10 umläuft. Die Umlaufdrehzahl beträgt  $m + 1$ , während die Drehung um die Achse 84 mit der Drehzahl  $m$  erfolgt. Die Spitze des Kegelmantels liegt im Punkt  $M_2$ .

Die drei Kolben haben eine gemeinsame Zentralkammer 22, die sich längs der Symmetrieachse 10 erstreckt, so daß zwischen beiden Arbeitsmittelsystemen eine Verbindung besteht. Die Punkte  $M_1$  und  $M_2$  liegen beide innerhalb der Zentralkammer 22.



Kolben 83 dreht sich gegenüber Kolben 82 gegensinnig, so daß sich die Arbeitskammern zwischen den Kolben 83 und 81 unter Vergrößerung ihres Volumens auswärts bewegen.

Auch in Figur 17 wurden weitere Einrichtungen zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine wie Luftfilter, Kraftstoff-Einspritzkanal und -düse, ein Kühlsystem und ähnliches nicht dargestellt, weil es sich hierbei um allgemein bekannte Teile handelt.

Die so weit beschriebene Maschine nach Figur 17 arbeitet wie folgt: Die Arbeitskammern zwischen den Kolben 81 und 82 nehmen außen Luft auf, komprimieren sie und drücken sie in die Zentralkammer, in die außerdem Kraftstoff durch einen nicht dargestellten Kanal eingespritzt wird, der in einem der Kolben 82 oder 83 vorgesehen ist. Der Kraftstoff wird so eingespritzt, daß das entstandene Gemisch durch Selbstzündung verbrennt. Die Arbeitskammern, die sich zwischen den Kolben 83 und 81 bilden, nehmen die verbrennenden Gase auf, wobei die Gase Druck auf die Kammerwandungen ausüben und den Kolben 83 gegenüber dem Kolben 81 unter Leistungsabgabe antreiben. Die zwischen den Kolben 81 und 82 gebildeten Arbeitskammern komprimieren dabei ständig neue Luft und unterhalten damit die Verbrennung.

Die oben erwähnten Drehzahlen  $n$  und  $m$  können je nach den erwünschten Arbeitsbedingungen gleich oder unterschiedlich gewählt werden.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Maschine nach Figur 17 lassen sich dadurch erweitern, daß Kolben 81 durch einen Lagerkranz 90 um seine Achse 10 drehbar gelagert wird. Durch nicht dargestellte Bremsbacken kann der Ring 85 gegenüber dem Rahmen gebremst und festgehalten werden. Zwischen dem Ring 85 und den Wellen 80a und 80b ist eine nicht dargestellte Reibungskupplung vorgesehen. Diese Anordnung hat folgende Vorteile:

Zum Anlassen des Motors muß ein zur Selbstzündung des Gemisches ausreichender Überdruck in der Zentralkammer herrschen. Um dies zu erreichen, müssen die Kolben 81 und 82 zuerst alleine zusammenwirken, während keine oder nur eine geringe Relativbewegung zwischen den Kolben 83 und 81 auftreten soll, damit die Gase nicht wieder abgeführt werden. Dies erreicht man dadurch, daß man den Ring 85 des Kolbens 81 mit der Welle 80b des Kolbens 83 kuppelt, so daß nun Kolben 81 gemeinsam mit Kolben 83, d. h. mit gleicher oder annähernd gleicher Drehzahl umläuft. Hierbei erhöht sich die Drehzahl der Relativdrehung zwischen den Kolben 81 und 82. Nachdem das Gemisch gezündet ist, wird der Ring 85 von Kolben 81 durch die Bremsbacken gebremst, bis der Kolben 81 zur Ruhe kommt, während die Schleifkupplung zwischen dem Kolben 81 und der Welle 80b gelöst wird, so daß Kolben 83 nun frei umlaufen und Leistung abgeben kann.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß sich während des Laufs die Leistung des Motors durch Veränderung der Kompression regeln läßt. Zur zeitweiligen Leistungssteigerung, bei Kraftfahrzeugmotoren etwa zum Anfahren oder Überholen, wird die Kompression erhöht, indem man durch dosierten Einsatz der einen Schleifkupplung den Kolben 81 langsam in Drehrichtung des Kolbens 83 mitnimmt, wodurch sich seine Relativdrehzahl gegenüber dem Kolben 83 verringert, gegenüber dem Kolben 82 aber vergrößert. Die Kompression kann wieder verringert oder ganz aufgehoben werden, indem Kolben 81 durch die andere Schleifkupplung, die seinen Ring 85 mit der Welle 80a des Kolbens 82 verbindet, ganz oder mit Verzögerung mitgenommen wird.

Erwähnt sei noch, daß die Maschine nach Figur 17 bei Achswinkeln  $\alpha$  von  $25^\circ$  ein Kammervolumen von über 50 % des von den drei Kolben eingenommenen Gesamtvolumens hat.

33  
Leerseite

45-ne-10  
2.9.76

2639760

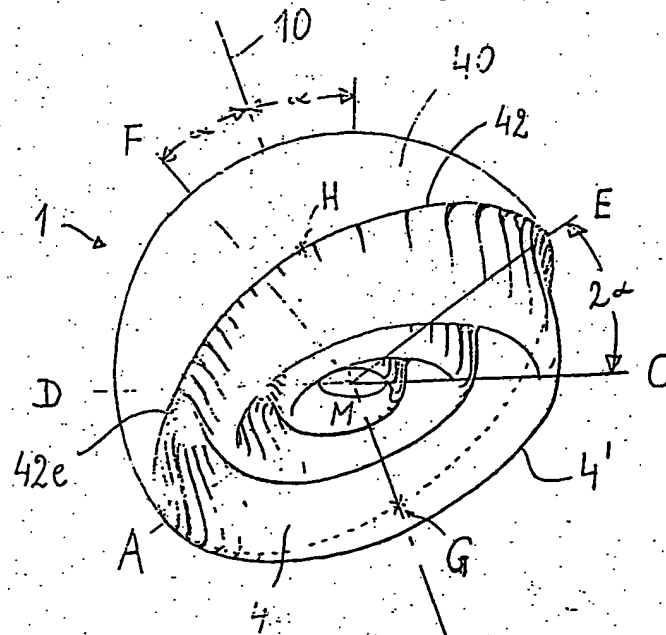


Fig. 1

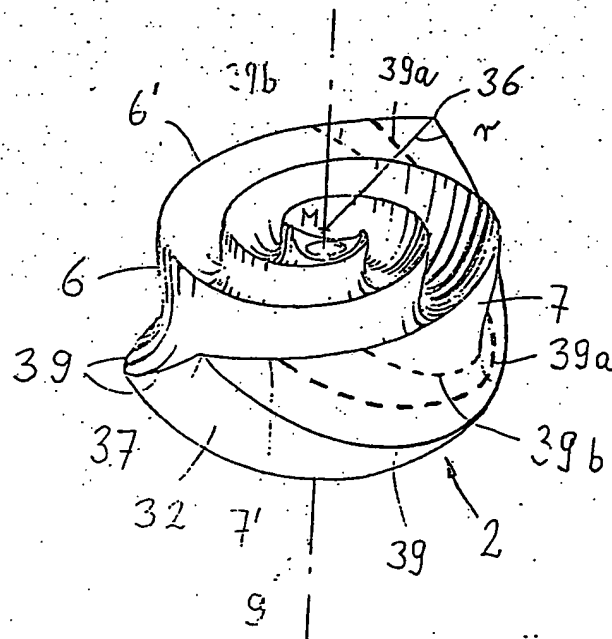


Fig. 2

[illegible]

Fig. 3

2639760

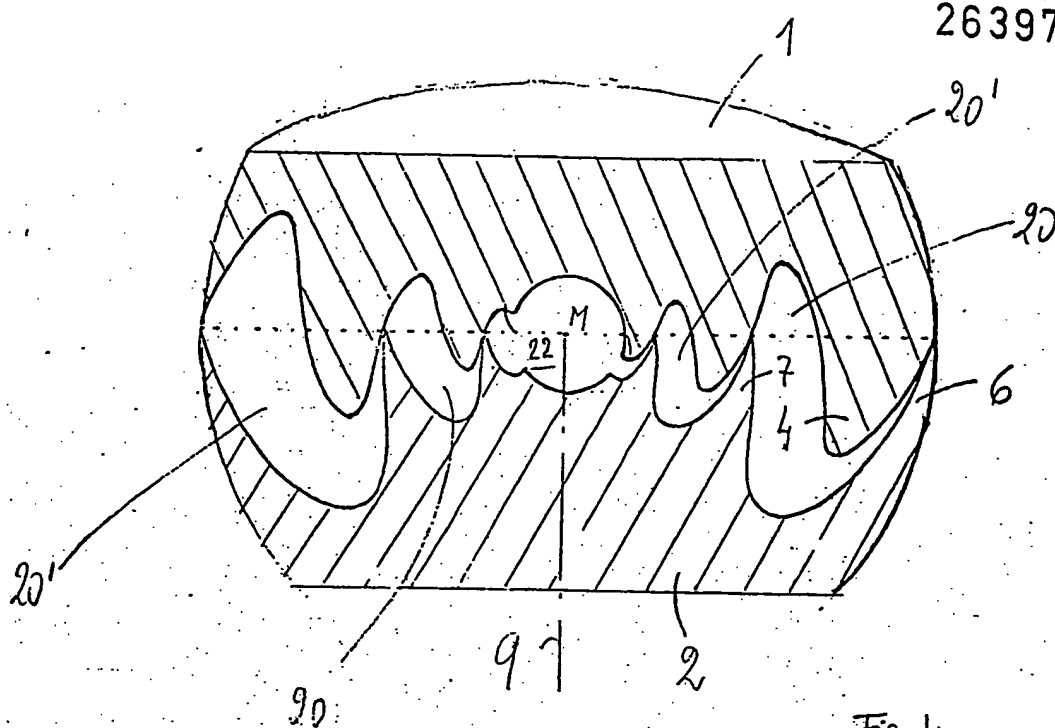


Fig. 4

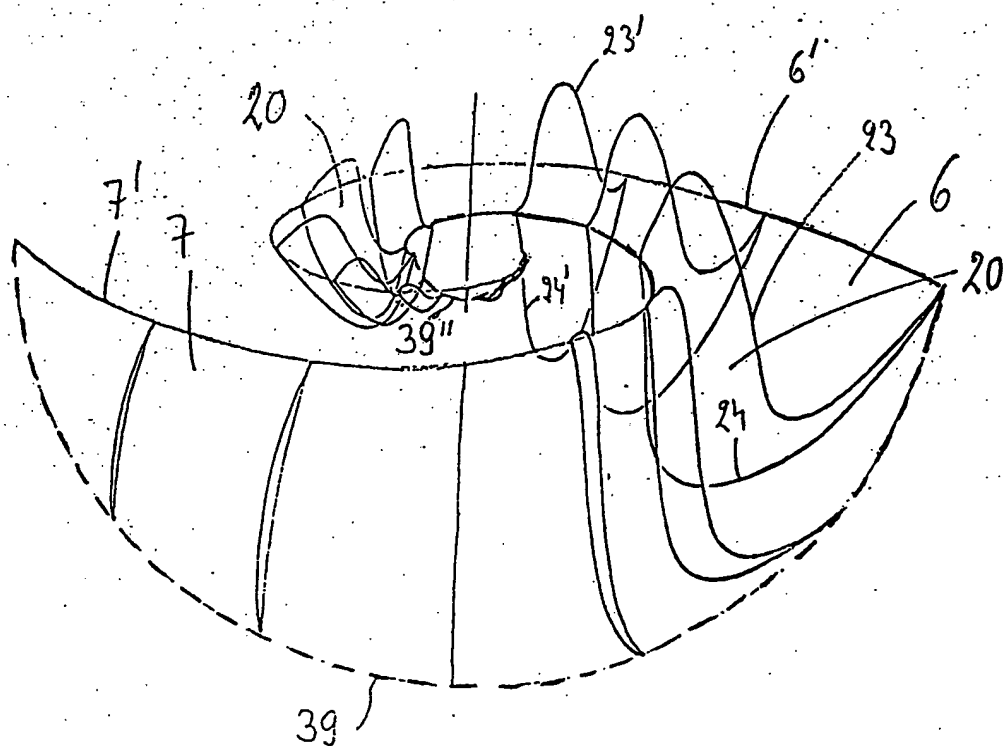


Fig. 5

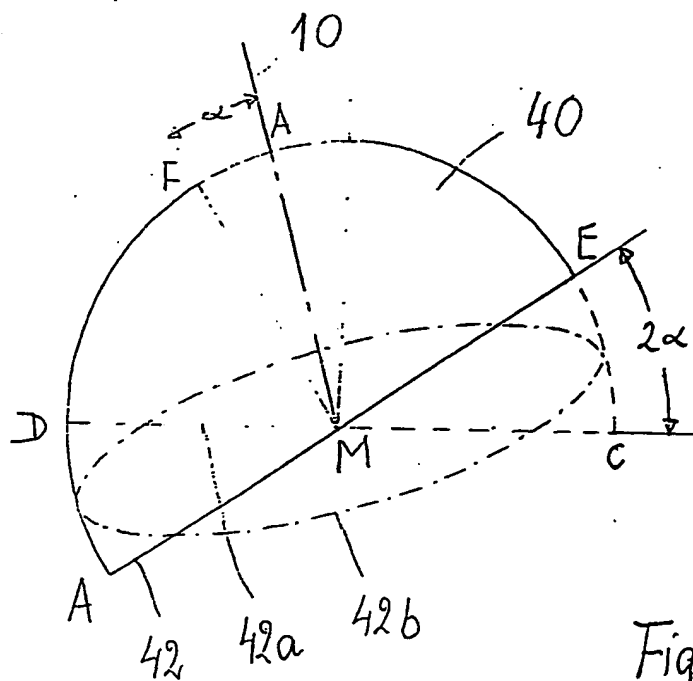
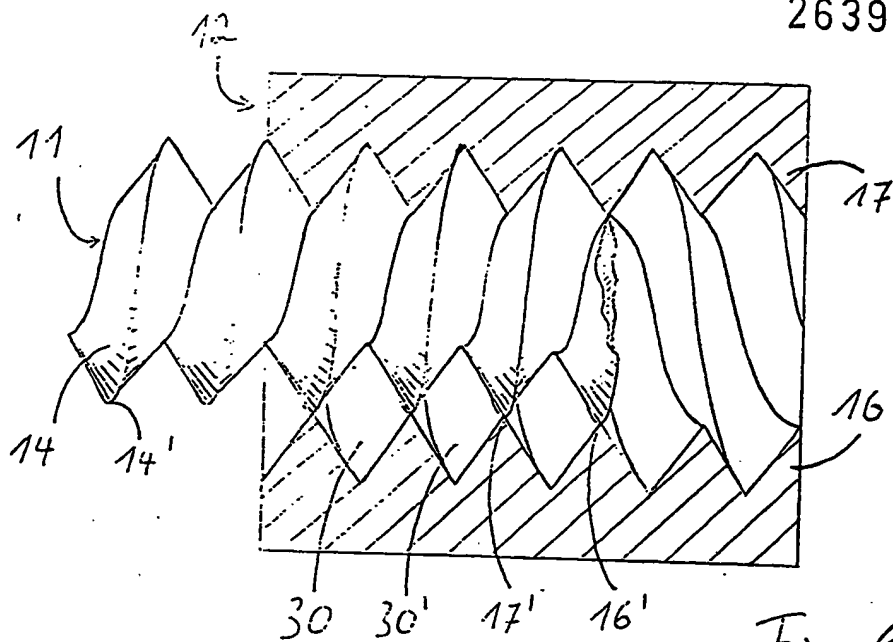


Fig. 8

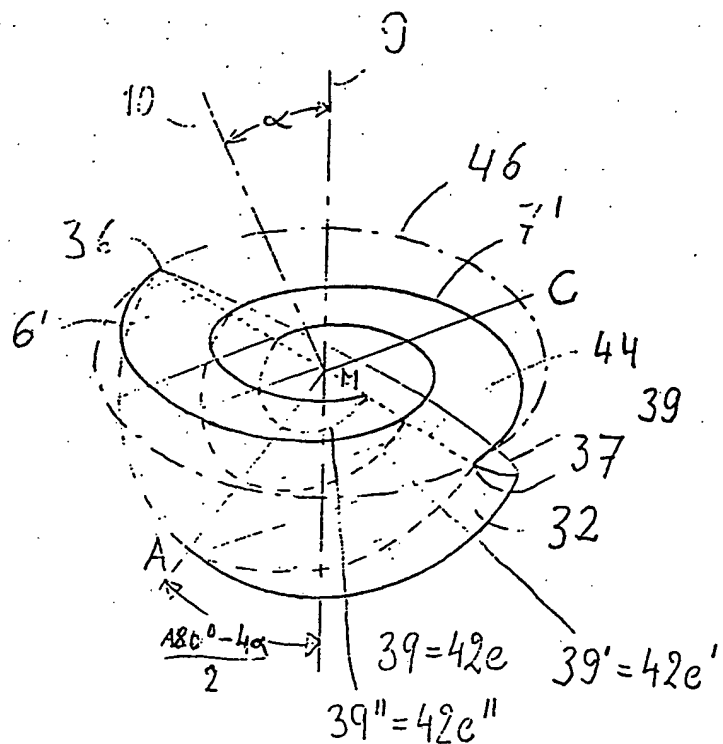


Fig. 9



46-ne-10

- 38 -

2639760

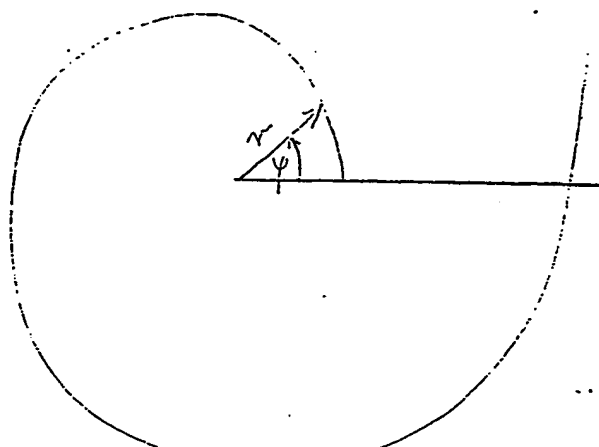
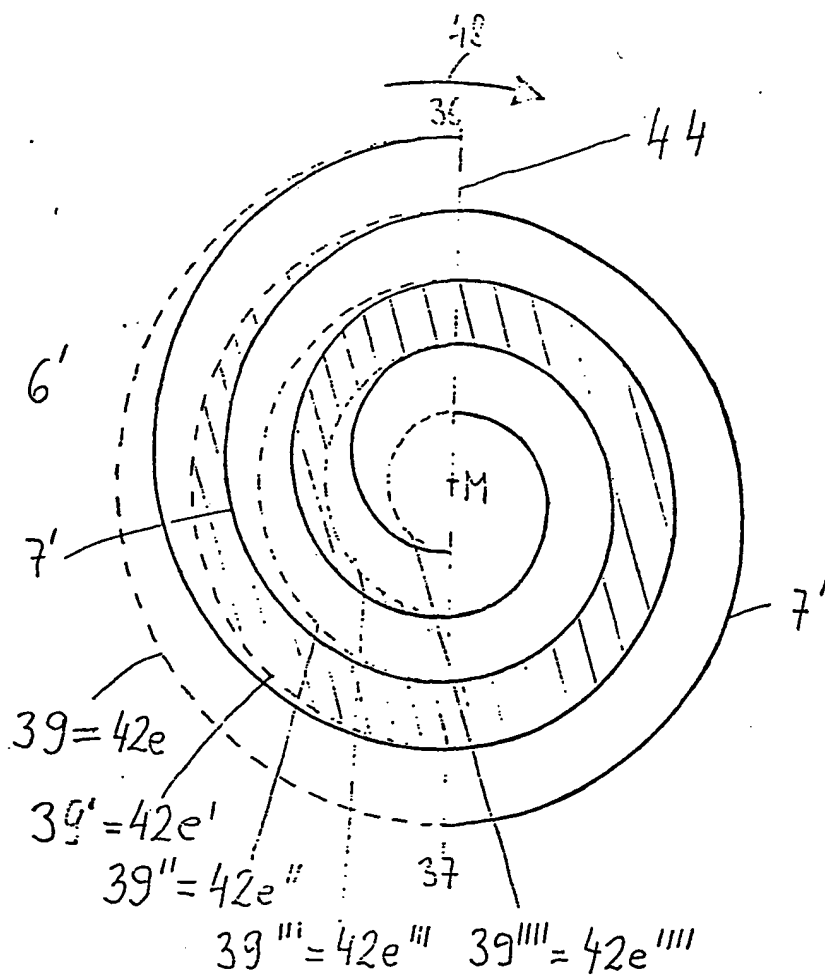


Fig. 11



46-ne-10

- 40 -

2639760

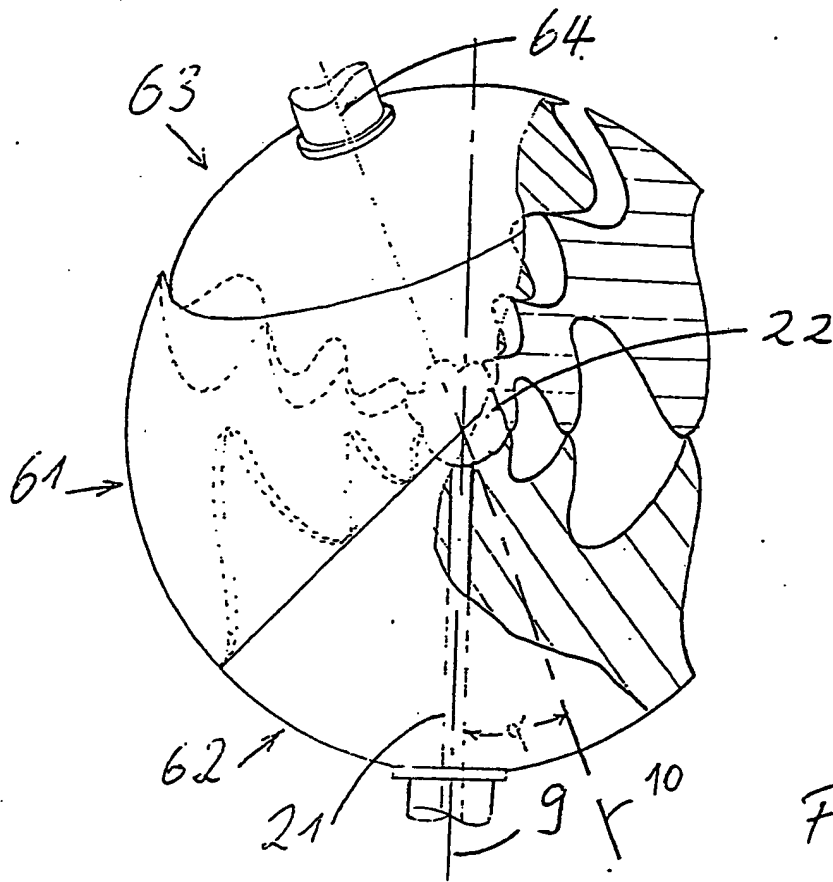


Fig. 15



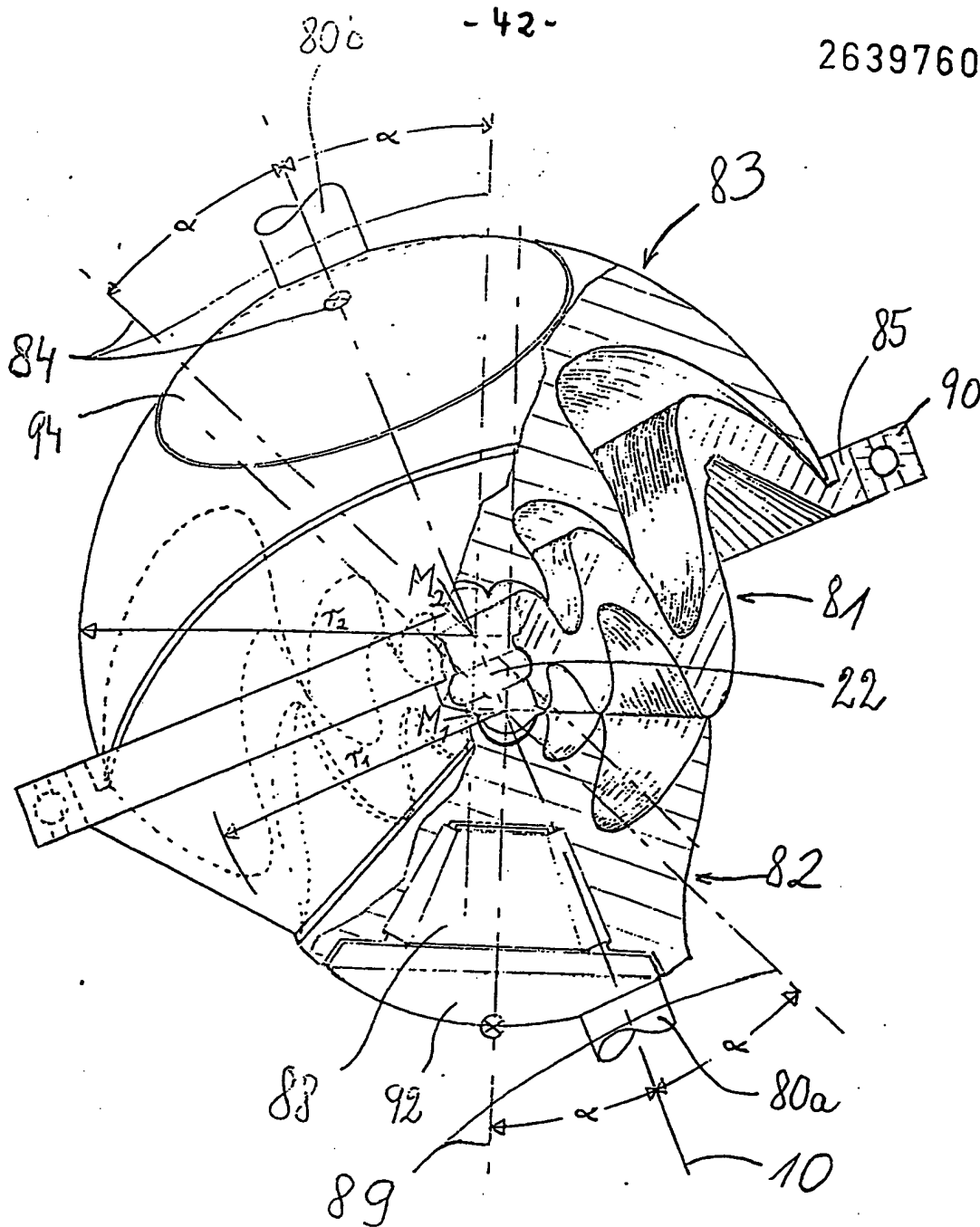


Fig. 17